

## PENENTUAN JADWAL *PREVENTIVE MAINTENANCE* MENGGUNAKAN METODE *AGE REPLACEMENT* PADA FORKLIFT 5 TON DI PT SWADAYA GRAHA

**Aditya Putra Ramadhan**

S1 Pendidikan Teknik Mesin Produksi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [otes.ultras@gmail.com](mailto:otes.ultras@gmail.com)

**Iskandar**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [quicktrick.bs@gmail.com](mailto:quicktrick.bs@gmail.com)

### Abstrak

PT Swadaya Graha adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa persewaan alat berat. Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem *break downmaintenaince* sehingga dapat mengganggu proses produksi yang berimbas pada meningkatnya biaya *down time* yang harus dikeluarkan oleh pabrik untuk proses perbaikan berlangsung tanpa adanya *prefentive maintenance*. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan waktu optimal penjadwalan perawatan *preventive maintenance* dan menentukan biaya *down time* setelah penerapan *preventive maintenance* pada forklift 5 ton. Dengan adanya masalah tersebut, maka akan dilakukan optimalisasi biaya perawatan forklift 5 ton menggunakan metode *Age Replacement* dengan harapan dapat mengoptimalkan biaya pemeliharaan Forklift 5 ton secara berkala dan teratur yang meliputi waktu kegiatan pemeliharaan. Penelitian ini dilakukan pada perusahaan alat berat PT Swadaya Graha yang berlokasi di jl. Harun Tohir Gresik. Dengan pengambilan data waktu rata-rata lama perbaikan akibat kerusakan peralatan. Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pemeliharaan penggantian kampas rem. *Repair Time* dinyatakan dalam hari untuk masa selama 10 tahun (120 bulan), mulai bulan mei 2005 sampai dengan bulan mei 2015 (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Manager Operasional Alat Berat Gresik dan bagian Pengadaan dan Pergudangan* ). Dari hasil penelitian yang telah dilakukan *preventive maintenance* dengan menggunakan metode *Age Replacement*. Penentuan penjadwalan interval waktu penggantian kampas rem sebagai bentuk mengoptimalkan biaya *downtime* dengan menggunakan metode *Age replacement* di PT Swadaya Gresik diperoleh interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 322 hari dengan tingkat keandalan komponen diatas 50 % yaitu sebesar 85% sehingga terjadi 9 kali penggantian komponen dalam 10 tahun kedepan Penghematan biaya *downtime* sebesar Rp.13.116.000 atau 29,53% dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode *agereplacement*.

**Kata kunci:** *Preventive Maintenance, Age Replacement.*

### Abstract

PT Swadaya Graha is a company engaged in the rental of heavy equipment. So far, the company only uses the system *break downmaintenaince* to be improved so as to interfere with the process of production which impact on the rising cost of *down time* that must be spent by the factory for repair process takes place without *prefentive maintenance*. The purpose of this study was to determine the optimal time maintenance scheduling *preventive maintenance* and determine the cost of *down time* after the application of *preventive maintenance* on forklift 5 tons. Given these problems, it will be the optimization of the cost of care forklift 5 tons method *Age Replacement* in hopes of optimizing maintenance costs Forklift 5 tons periodically and regularly covering maintenance time .Research activities carried on heavy equipment company PT Swadaya Graha is located in jl. Harun Tohir Gresik. With time data retrieval average length of repair due to damage to the equipment. The time needed to perform maintenance replacement brake lining. *Repair Time* expressed in days for a period of over 10 years (120 months), began in May 2005 until the month of May 2015 (Data obtained in the form of a document by a question and answer directly to the Operations Manager and part Gresik, Heavy Equipment Procurement and Warehousing). From the research that has been done *preventive maintenance* using *Replacement*. Penentuan *Age* scheduling time interval replacement brake linings as form *downtime* dengan optimize the cost method PT *Age replacement* interval Organization Gresik gained the most optimal replacement time is 322 days with a level of reliability of components above 50 % is 85% resulting in 9 times the replacement of components in the next 10 years *downtime* cost savings amounting Rp.13.116.000 or 29.53% compared with the prior use *agereplacement* scheduling method.

**Key Word:** *Preventive Maintenance, Age Replacement.*

## PENDAHULUAN

Suatu mesin dengan produktivitas baik, mampu beroperasi secara normal dalam suatu proses produksi. Untuk pencapaian hal tersebut diperlukan pertimbangan mengenai sistem pemeliharaan yang akan di terapkan pada mesin. Pada pemilihan sistem pemeliharaan, harus secara tepat berdasarkan jenis mesin dan komponen yang ada pada pada mesin tersebut. Karena jenis dan komponen mesin mempunyai masa *life cycle* yang beragam, seluruh hal tersebut diharapkan dapat diperhatikan secara serius, karena akan sangat berpengaruh dalam kinerja mesin secara berkelanjutan.

PT. Swadaya Graha adalah perusahaan jasa persewaan alat berat dan kontraktor mekanikal khususnya dalam pemasangan mesin-mesin pabrik atau instrument, dengan permintaan jasa persewaan yang semakin banyak jumlahnya. Dengan kondisi seperti yang telah dijelaskan diatas, perlu diberlakukan proses pemeliharaan yang tepat pada tiap mesin. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja mesin yang optimal pada saat di sewakan pada konsumen/pelanggan.

Sistem pemeliharaan yang optimal, terdiri dari biaya pemeliharaan dan jaminan berhasilnya proses produksi. Optimisasi dipilih sebagai pendekatan dalam penyelesaian masalah untuk pemilihan jenis system pemeliharaan mesin. Adapun yang akan diteliti pada perusahaan persewaan alat-alat berat PT. Swadaya Graha, yaitu forklift 5 ton.

Komponen yang sering diganti dan bermasalah pada forklift yaitu tentang transmisi dan fungsi pengereman. Hal ini mengakibatkan apabila terjadi kerusakan pada transmisi dan fungsi pengereman, forklift akan mengalami breakdown time dan harus melakukan perbaikan pada komponen yang rusak tersebut terlebih dahulu, tentunya hal ini akan merugikan PT. Swadaya Graha. Seringkali kita melihat dalam suatu masalah pemeliharaan forklift baru dilakukan setelah kondisi dari forklift tersebut mengalami kerusakan dan tidak dioperasikan kembali.

Mengadakan kegiatan pemeliharaan mesin yang kontinyu dan terjadwal, maka perbaikan atas kerusakan yang ada serta penyesuaian penjadwalan menjadikan kontinyuitas alat pada saat disewakan kepada pelanggan dapat terjamin. Ditinjau dari segi kegunaan, sistem pemeliharaan memerlukan metode pemeliharaan yang paling baik sehingga forklift dapat terhindar dari seringnya terjadi kerusakan, demikian biaya pemeliharaan forklift yang didasarkan atas biaya *down time* bisa seminimal mungkin.

Berdasarkan uraian diatas, perawatan komponen kritis pada forklift bertujuan menekan terjadinya kerusakan pada forklift, maka akan dilakukan *preventive maintenance* menggunakan metode *Age Replacement*

pada forklift 5 ton di PT. Swadaya Graha. Dengan harapan dapat meminimalkan biaya pemeliharaan forklift secara berkala dan teratur yang meliputi waktu kegiatan pemeliharaan sehingga hal ini akan memberikan hasil yang optimal pada pemakaian forklift secara continue.

Selama ini perusahaan hanya menggunakan sistem *break down maintainance* yaitu ketika mesin mati atau alat mengalami kerusakan baru dilakukan perbaikan sehingga dapat mengganggu proses produksi yang berimbas pada meningkatnya biaya *down time* yang harus dikeluarkan oleh pabrik untuk proses perbaikan berlangsung tanpa adanya *preventive maintenance*.

## Tujuan Penelitian

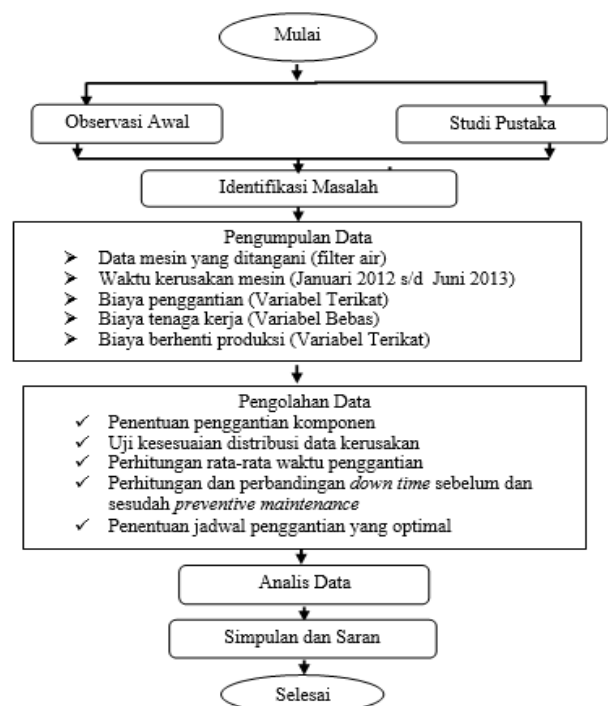
Penelitian ini dilakukan bertujuan Untuk Menentukan waktu optimal penjadwalan perawatan forklift 5 ton dan Untuk menghitung biaya perawatan forklift 5 ton yang optimal dengan menerapkan metode *age replacement*.

## Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah Memberikan masukan bagi perusahaan dalam pemeliharaan peralatan yang lebih sistematis dan teratur sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar serta pencapaian biaya perawatan mesin yang seminimal mungkin sehingga keuntungan perusahaan dapat meningkat.

## METODE

### Rancangan Penelitian



Gambar 1. Rancangan Penelitian

### Waktu dan Tempat Penelitian

- **Tempat Penelitian**  
Penelitian ini dilakukan pada perusahaan persewaan alat berat PT. Swadaya Graha, yang berlokasi di Jl. Harun Tohir, Gresik (Depan jalan masuk pelabuhan PT. Semen Gresik (Persero), Tbk.)
- **Waktu Penelitian**  
Penelitian dan pengambilan data dilakukan pada bulan Mei 2015 sampai dengan Juni 2015.

### Variabel Penelitian

- **Variabel Bebas (Variabel Prediktor).**  
Variabel bebas (variabel prediktor) dapat disebut penyebab. Variabel bebas pada penelitian ini adalah
  - *Repair Time*  
Waktu rata-rata lama perbaikan akibat kerusakan peralatan. Waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pemeliharaan penggantian komponen kampas rem. *Repair Time* dinyatakan dalam jam untuk masa selama 10 tahun, mulai bulan mei 2005 sampai bulan mei 2015. (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Operasional Alat Berat Gresik dan bagian Pengadaan dan Pergudangan*).
  - Waktu penggantian.  
Selang waktu rata-rata pada penggantian komponen kampas rem pada forklift 5 ton dengan penggantian komponen yang sama yang dilakukan selanjutnya (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Operasional*)
- **Variabel Terikat**
  - *MTTF (mean time to failure)*, yaitu waktu ekspektasi terjadinya kegagalan.
  - *Biaya Down Time*  
*Biaya Down Time* adalah biaya yang harus dikeluarkan akibat dari sistem yang tidak produktif. *Biaya Down Time* diakibatkan sistem dalam pemeliharaan atau perbaikan yang mengakibatkan hilangnya profit perusahaan. (Data diperoleh dalam bentuk dokumen dengan melakukan tanya jawab secara langsung dengan *Operasional Alat Berat Gresik dan bagian Pengadaan dan Pergudangan*).
- **Variabel Control**
  - Komponen Kampas Rem pada Forklift 5 ton di PT. Swadaya Graha

### Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode statistika deskriptif, dengan mengumpulkan informasi atau data

dari setiap hasil perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung.

Tujuan penggunaan metode statistika deskriptif untuk menggambarkan sifat suatu keadaan yang sementara berjalan pada saat penelitian dilakukan dan memeriksa sebab-sebab dari suatu gejala tertentu (Sudjana, 1996)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Data Waktu Antar Kerusakan

Data waktu antar kerusakan dan perbaikan didapatkan dari data waktu antar kerusakan dan perbaikan yang terjadi pada masa lalu data ini didapatkan dari laporan kerusakan dari bulan mei 2005 sampai dengan mei 2015. Data waktu antar kerusakan dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

Tabel 1. Waktu Antar Kerusakan

No	Tanggal kerusakan	Rentang Waktu antar Kerusakan (Hari)	Lama Perbaikan (Jam)
1	12/21/2005	-	-
2	9/14/2006	267	12
3	9/18/2007	369	7
4	9/23/2008	371	5
5	9/1/2009	343	9
6	10/11/2010	405	6
7	8/20/2011	313	10
8	9/4/2012	381	7
9	10/8/2013	399	11
10	11/28/2014	416	8
JUMLAH		3264	75

Sumber: Data diolah 2015

#### Penentuan distribusi data

Pengujian distribusi data waktu antar kerusakan (*time for failure / Tf*) dari data waktu perbaikan (*timetorepair / Tr*). Data waktu antar kerusakan didapatkan dengan menghitung selisih waktu antar kerusakan pertama dengan kerusakan berikutnya sedangkan data waktu perbaikan didapatkan dengan menghitung lamanya waktu perbaikan saat kerusakan terjadi. Selain perhitungan manual diatas, dapat juga digunakan Software Minitab 14 untuk mengidentifikasi distribusi data.

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kemungkinan mesin dapat beroperasi sampai dan untuk menghitung nilai harapan panjang siklus kerusakan. Untuk menentukan data waktu antar kerusakan dan waktu antar perbaikan berdistribusi weibull dan lognormal, maka kita dapat menggunakan program Minitab 14.0 :

Tabel 2. Jenis Distribusi Yang Digunakan

Jenis Mesin	Nama Komponen	Jenis Distribusi	Data	Parameter		
				Shape( $\alpha$ )	Scale( $\beta$ )	t <sub>median</sub>
Forklift	Kampas rem	Weibull	Time to failure	10,81765	381,352	-
		Lognormal	Time to repair	2,34521		2.08390

### Menghitung Fungsi Padat Probabilitas

Tujuan dari menghitung fungsi padat probabilitas adalah untuk mengetahui probabilitas terjadinya kerusakan pada mesin forklift khususnya Kampas Rem pada waktu tertentu. Rumus yang digunakan adalah :

$$f(t) = \alpha \beta^{-\alpha} t^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}} \quad (1)$$

Dimana : f(t) = fungsi padat probabilitas

t = interval waktu

$\alpha$  = Shape parameter

$\beta$  = Scale parameter

Adapun untuk perhitungan fungsi padat probabilitas berdasarkan interval waktu kerusakan menggunakan *software excel* adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Fungsi Padat Probabilitas

Interval Waktu (t)	Fungsi Padat Probabilitas
376	0.010467033010709900
377	0.010478132902351200
378	0.010481599755477100
379	0.010477266389600100
380	0.010464979621851800
381	0.010444601400457100
382	0.010416009928562200

Dari perhitungan di atas nilai fungsi padat probabilitas dari *software excel* didapatkan nilai tertinggi yaitu pada interval waktu 378 hari yaitu sebesar 0.010481599755477100

### Menentukan Tingkat Keandalan Komponen

Nilai keandalan kampas rem forklift berdasarkan pada waktu rata-rata kerusakan dengan parameter distribusi Weibull. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan kampas rem forklift.

$$R = \exp\left(-\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (2)$$

Dimana :

t = rata-rata waktu kerusakan (3264/9=362.667)

$$= \frac{1}{e^{\left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta}}} = \frac{1}{e^{\left(\frac{362.667}{381.352}\right)^{10.818}}} = \frac{1}{e^{(0.58)}} = 0.56$$

Jadi R = 56.0%, sehingga dapat dikatakan tingkat keandalan kampas rem forklift perharinya adalah 56.0%.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tingkat Keandalan Komponen

Interval Waktu (t)	Keandalan Komponen
359	0.594354946
360	0.584983211
361	0.575506317
362	0.565928067
363	0.556252518
364	0.546483974
365	0.536626993
366	0.526686382
367	0.516667203
368	0.506574766

Dari perhitungan diatas maka didapatkan nilai keandalan komponen diatas 50% yaitu pada interval waktu 362 hari yaitu sebesar 56%

### Menentukan laju kerusakan

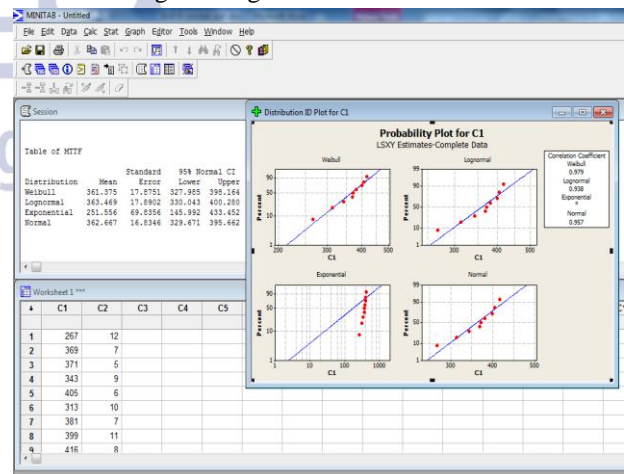
Tujuan dari penentuan laju kerusakan komponen adalah untuk mengetahui banyaknya kerusakan yang terjadi tiap satuan waktu. Adapun rumus dari perhitungan laju kerusakan adalah sebagai berikut :

$$\left(\int_0^1 t \times f(t) dt\right) = 0,0528455 \quad (3)$$

### Menentukan MTTF Dan MTTR

#### - MTTF

Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari MTTF (*mean time to failure*) dengan satuan hari. Perhitungan sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Perhitungan MTTF dengan Software Minitab 14



Dari gambar 2 diatas, dapat diketahui nilai MTTF (*Mean Time To Failure*) adalah 361,375 = 361 hari.

Rata-rata waktu antar kerusakan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MTTF = \int_0^{\infty} R.(t) \quad (4)$$

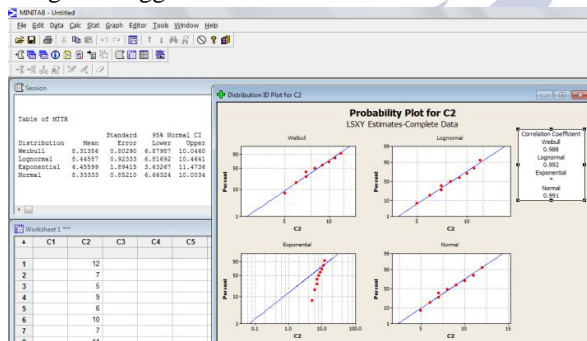
Dimana :

R adalah Reability (keandalan)

(t) adalah waktu

### - MTTR

Setelah nilai dua parameter diketahui, maka dapat dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari MTTR (*mean time to repair*) dengan satuan jam. Dengan menggunakan software minitab14 :



Gambar 3. Hasil Perhitungan MTTF dengan Software Minitab 14

Sumber : data diolah 2015

Dari gambar 3 diatas, dapat diketahui nilai MTTR (*Mean Time To Repair*) adalah 8,44567 = 8,5 jam.

MTTR diperoleh dengan menggunakan rumus (Ebeling, 1997):

$$MTTR = \int_0^{\infty} t.h(t)dt = \int_0^{\infty} (1 - H(t))dt \quad (5)$$

Dimana :  $h(t)$  adalah fungsi kepadatan peluang untuk data waktu perbaikan.

$H(t)$  adalah fungsi distribusi kumulatif untuk data waktu perbaikan.

(t) adalah waktu.

### Menghitung Total Biaya Perawatan Dengan Metode Age Replacement

Dalam memecahkan masalah penentuan waktu yang optimal bagi penggantian pencegahan yang optimal digunakan metode *Age Replacement* dengan kriteria optimalisasi biaya *downtime*.

Perhitungan yang digunakan dalam metode *Age Replacement* ini adalah sebagai berikut :

$$C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \left( \int_0^1 t \times f(t)dt \right)} \quad (6)$$

Dimana: C(t) = biaya total perawatan

$C_p$  = biaya pemeliharaan pencegahan

$R(t)$  = tingkat keandalan komponen

$C_f$  = biaya perbaikan kerusakan

$[1 - R(t)]$  = fungsi padat probabilitas

t = interval waktu pemeliharaan dilakukan

$\left( \int_0^1 t \times f(t)dt \right)$  = umur rata-rata komponen (laju kerusakan)

Untuk dapat menghitung total biaya perawatan optimal maka mencari biaya-biaya perawatan yang relevan yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

- Gaji teknisi

Yaitu Rp. 2.300.000,- per bulan kemudian di konversikan dalam biaya perjam yaitu sebesar

$$\text{Rp.2.300.000}$$

$$= \frac{\text{Rp.2.300.000}}{200 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp. 11.500,-per jam}$$

- Biaya pembelian Kampas Rem

Biaya yang dikeluarkan untuk pembelian Kampas rem adalah sebesar Rp. 3.200.000,-

- Kerugian akibat *downtime* yaitu kehilangan mendapatkan keuntungan karena terhentinya produksi. Jika dalam satu hari biaya sewa forklift Rp.1.000.000/-hari atau 8 jam kerja. Biaya sewa per jam forklift Rp.125.000

Tabel 5. Perhitungan Biaya Akibat Kerusakan ( $C_f$ ) Tiap Satu Kali Kerusakan

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 2 orang teknisi dengan biaya sebesar 11500 × 2 orang = 23.000,- waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 9,5 jam. Maka Rp.23.000 × 8,5 jam = Rp.218.500,-	Rp. 195.500,-
2	Biaya pembelian Kampas Rem	Rp.3.200.000,-
3	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat Forklift menganggur Rp.125.000,-/jam waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen (MTTR) = 8,5 jam maka Rp. 125.000,-/jam × 8,5 jam = Rp.1.062.500	Rp. 1.062.500,-
	<b>Total</b>	<b>Rp. 4.458.000,-</b>

Tabel 6. Perhitungan Biaya Perawatan (Cp)

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 2 orang teknisi dengan biaya sebesar Rp.11.500 × 2 orang = Rp.23.000 waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen adalah 2 jam. Maka Rp.23.000 × 2 jam = Rp.46.000,-	Rp. 46.000,-
2	Biaya pembelian Kampas Rem	Rp.3.200.000
3	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin menganggur Rp.125.000,-/jam waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen 2 jam maka Rp.125.000,-/jam × 2 jam = Rp.250.000.	Rp. 250.000,-
	<b>Total</b>	<b>Rp. 3.496.000,-</b>

Keterangan langkah-langkah penggantian suku cadang kampas rem :

- Lepas roda forklift = 25 menit
- Lepaskan kampas rem yang akan diganti = 25 menit
- Bersihkan tromol dengan kain atau dengan amplas = 20 menit
- Pasang kampas rem yang baru = 25 menit
- Pasang kembali roda = 25 menit

**Total** = 120 menit

= 2 jam

Lamanya waktu pergantian suku cadang dikarenakan perusahaan tidak menyediakan suku cadang di gudang dan menunggu suku cadang dibeli terlebih dahulu.

Setelah biaya perawatan pencegahan (Cp) dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan (Cf) diketahui dan harga Cp ternyata lebih kecil dari Cf, maka kita selanjutnya dapat menghitung total biaya perawatan dengan rumus yang telah disebutkan diatas.

Adapun perhitungan total biaya perawatan berdasarkan metode *agereplacement* adalah sebagai berikut:

$$t = 1 \quad C(t) = \frac{Cp \times R(t) + Cf [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \left( \int_0^1 t \times f(t) dt \right)} \quad (7)$$

$$C(250) = \frac{Rp.3.496.000 \times 0,989 + 4.458.000 \times [1 - 0.0004445]}{250 \times 0,98967376 + 0,01032624} = 31992,71438$$

Untuk mempermudah perhitungan total biaya perawatan berdasarkan metode *age replacement*, maka kita menggunakan *software excel* yang hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 7. Total Biaya Perawatan C(tp)

Interval Waktu(t)	Total Biaya Perawatan c(tp) (Rp)
311	27179.4
312	27152.3
313	27127.7
314	27105.4
315	27085.6
316	27068.3
317	27053.6
318	27041.5
319	27032.2
320	27025.7
321	27022.1
322	27021.4
323	27023.8
324	27029.4
325	27038.2

Penentuan biaya optimal dapat dihitung sebagai berikut :

$$Biaya Optimal (t) = \left( \frac{Waktu kerja}{Interval Waktu} \right) \times Biaya perawatan \quad (8)$$

$$t(319) = \left( \frac{3000}{319} \right) \times 27.032,2 = Rp. 254.219$$

$$t(320) = \left( \frac{3000}{320} \right) \times 27.025,7 = Rp. 253.365$$

$$t(321) = \left( \frac{3000}{321} \right) \times 27.022,1 = Rp. 252.542$$

$$t(322) = \left( \frac{3000}{322} \right) \times 27.021,4 = Rp. 251.752$$

Setelah dilakukan perhitungan total biaya perawatan pada Forklift 5 ton (penggantian komponen kampas rem) maka didapatkan total biaya yang optimal yaitu pada interval waktu 322 hari sebesar Rp. 251.752 dalam sekali penggantian dengan tingkat keandalan sebesar 85%.

Dari perhitungan total biaya perawatan diatas menunjukan bahwa pada interval waktu ke-319 hari sampai ke-322 hari memiliki keandalan yang lebih tinggi dan biaya penggantian untuk setiap penggantian yang lebih rendah daripada interval waktu ke-322 hari tetapi tidak dipilih karena lebih banyak atau lebih sering mengganti. Sehingga total biaya perawatan lebih besar, Maka dipilihlah interval waktu 322 hari yaitu dengan tingkat keandalan diatas 50% yaitu sebesar 85% dengan biaya total perawatan sebesar Rp. 251.752

#### Perhitungan Penghematan Biaya Perawatan

Penghematan biaya *downtime* yang didapat jika menetapkan penggantian komponen sebelum rusak (*preventif maintenance*) jika :

$$10 \text{ Tahun} = 3000 \text{ hari kerja}$$

Total biaya penggantian komponen kampas rem selama 10 tahun sebelum diadakan *preventive maintenance* yang terjadwal perawatan dengan metode *agereplacement* interval waktu kerusakan setelah kondisi rusak dan mesin berhenti bekerja kerusakan komponen sebanyak 10 kali maka biaya penggantian sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Biaya penggantian} &= \text{Rp. } 4.458.000 \times 10 \\ &= \text{Rp. } 44.580.000\end{aligned}$$

Total biaya penggantian komponen kampas rem selama 10 tahun setelah diadakan penjadwalan penggantian dengan metode *agereplacement* untuk penggantian komponen kampas rem pada keandalan 85% diperoleh waktu optimal sebesar 322 hari sekali sehingga waktu 10 tahun adalah :

$$\begin{aligned}&= \frac{3000}{322} \\ &= 9,31 \text{ kali ganti} \\ &= 9 \text{ kali ganti}\end{aligned}$$

Jika memakai perawatan preventif selama 322 hari maka akan terjadi penggantian dengan jumlah biaya perawatan sebesar :

$$\begin{aligned}\text{Biaya perawatan} &= \text{Rp. } 3.496.000, - \times 9 = \text{Rp. } 31.464.000, - \\ \text{Penghematan yang didapat sebesar :}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}&= (\text{Rp. } 44.580.000, -) - (\text{Rp. } 31.464.000, -) \\ &= \text{Rp. } 13.116.000\end{aligned}$$

Atau dapat dilakukan dalam persen penghematan selama 10 tahun yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan preventif adalah sebesar :

$$\begin{aligned}&= \left[ \frac{\text{Rp. } 13.166.000}{\text{Rp. } 44.580.000} \right] \times 100\% \\ &= 29,53 \%\end{aligned}$$

## Pembahasan

Dari analisa data diatas menunjukkan hasil analisa penggantian dari komponen forklift yaitu kampas rem menunjukkan bahwa dari perhitungan fungsi padat probabilitas didapatkan nilai tertinggi dari fungsi tersebut adalah pada interval waktu 378 hari dengan nilai 0.0104

Pada perhitungan data diatas diketahui keandalan komponen diatas 50% (nilai keandalan yang diinginkan oleh pihak perusahaan) dengan biaya yang optimal yaitu pada interval waktu 322 hari yaitu sebesar 85 % sesuai dari hasil perhitungan diatas bahwasanya semakin lama di pergunakan komponen tersebut akan semakin menurun tingkat keandalannya. Dan jika pihak perusahaan menginginkan nilai keandalan semakin besar konsekuensinya waktu pemakaian komponen akan relatif singkat.

Serta pada perhitungan laju kerusakan komponen kampas rem sebelumnya menunjukkan nilai kerusakan dengan nilai tertinggi dari fungsi tersebut yaitu pada

interval waktu 400 hari yaitu sebesar 0.812 dimana laju kerusakan akan meningkat seiring dengan waktu pemakaian dari komponen tersebut.

Dari perhitungan total biaya perawatan yang dikeluarkan pada interval hari ke-1 menunjukkan sebesar Rp.7.954.000 merupakan biaya yang terbesar dan pada interval hari ke-322 merupakan yang terkecil yaitu Rp. 27.021 karena pada interval waktu ke-322 hari menunjukkan total biaya perawatan yang paling rendah yaitu menunjukkan biaya sebesar Rp. 27.021 dengan tingkat keandalan diatas 50% dijadikan pilihan sebagai penjadwalan yang optimal.

Sehingga dipilihlah interval waktu 322 hari penggantian dikarenakan semakin lama interval waktu penggantian maka tingkat keandalannya semakin rendah ini memungkinkan mesin berhenti atau rusak sewaktu-waktu semakin besar sehingga pihak perusahaan menentukan nilai keandalan diatas 50% dan setelah diteliti melalui perhitungan tingkat keandalan interval waktu 322 hari menunjukkan keandalan sebesar 85% dan biaya perawatan yang optimal.

Total biaya penggantian komponen kampas rem selama 10 tahun setelah diadakan penentuan interval perawatan dengan metode *agereplacement* untuk perawatan komponen Kampas rem pada keandalan diatas 50 % diperoleh waktu optimal 322 hari sekali dengan tingkat keandalan 85% .

Jika memakai perawatan preventif selama 322 hari maka akan terjadi 9 penggantian dengan jumlah biaya perawatan sebesar Rp.31.464.000,- dan Penghematan yang didapat sebesar Rp.13.116.000 Atau dapat dilakukan dalam persen penghematan selama 10 tahun yang terjadi apabila perusahaan mengadakan perawatan preventif adalah sebesar 29,53 %.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil pengolahan data yang telah dilakukanserta pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

- Interval waktu penggantian yang paling optimal adalah 322 hari.
- Penghematan biaya *down time* sebesar Rp. 13.166.000 atau 29,53% dibandingkan dengan sebelum menggunakan penjadwalan dengan metode *age replacement*.



### Saran

Berdasarkan simpulan dan pengolahan data peneliti mengadakan penelitian di perusahaan PT. Swadaya Graha Gresik. Maka saran yang bisa diberikan oleh peneliti adalah :

- Untuk perawatan forklift selanjutnya diharapkan metode *Age Replacement* digunakan pada komponen forklift yang sering mengalami kerusakan.
- Untuk perencanaan penjadwalan penggantian komponen dapat menggunakan metode *Age Replacement* sebagai pengoptimalan biaya *down time*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2008). *Manajemen produksi dan operasi*. Edisi revisi 2008, Jakarta: Fakultas Ekonomi, Universitas Indonesia.
- Corder. (1988). *Teknik manajemen pemeliharaan*, Jakarta: Erlangga.
- Ebeling, C.E. (1997). *An introduction to reliability and maintainability engineering*, Singapore: The McGraw-Hill Company.
- Govil, A.K., 1983, *Reliability Engineering*, Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
- Hartono AS, MM, 2004, *Lokomotif Kereta Rel Diesel di Indonesia*, APKA, Bandung
- Hartono, Gunawarman. 2003. *Analisis Penerapan Total Preventive Maintenance Untuk Meningkatkan Availability dan Reliability Pada Mesin Injeksi Melalui Minimisasi Downtime*. Jakarta: Universitas Binus
- Jardine, A.K.S. (1993). *Maintenance, replacement, and reliability*, Canada: Pittman Publishing Company.
- Johannes H.J G, *Optimal Age Replacement versus Condition Based Replacement*, Journal of Quality Technology Vol.15, No 4 Oktober 1983.
- Knezevic, Jezdimir, 1993. *Reliability, Maintenance and Supportability: A Probabilistic Approach*. London: McGraw-Hill Book Company.
- Montgomery, Douglas C. 1997. *Design and Analysis of Experiment*, John Wiley & son. 4th edition.
- Shey-Huei Sheu, *Optimal Age-Replacement Policy With Age-Dependent Minimal Repair and Random Leadtime*, IEE Reliability Society, 2001